

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ЧИСЛОВИХ ОЦІНОК СПЕКТРАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ

*Чухов В. В., к.т.н., доцент; Кравець М. В., магістрант
Житомирський державний технологічний університет,
м. Житомир, Україна*

Загальновідомо, що серцево-судинні захворювання домінують у процентному відношенні щодо інших захворювань. Тому виявлення патологій у кардіології — одна з важливих і актуальних задач у медицині. Щодо її розв'язання опубліковано чимало робіт, які характеризуються, у першу чергу, різноманіттям способів розв'язання такої задачі. Незважаючи на це, їх можна розділити на методи обробки біосигналу ЕКГ у часовій та частотній областях [1]. Лікарі у своїй повсякденній практиці користуються переважно аналізом ЕКГ сигналу у часовій області [2]. Але, наприклад, спектральні методи, порівняно з часовими методами, дозволяють отримати точніші результати у задачі варіабельності серцевого ритму [3, 4].

Тому поставимо за мету розробити метод вимірювання числових оцінок спектральної характеристики ЕКГ сигналу при відсутності та наявності патології.

В основу методу покладемо числову оцінку спектральної щільності енергії (СЩЕ) ЕКГ сигналу. Ця характеристика використовується, наприклад, при оцінці варіабельності серцевого ритму (див., наприклад [3, 4]).

Алгоритм пропонованого методу такий: 1) отримати ЕКГ сигнал та перетворити його у цифровий; 2) обчислити його комплексний спектр за допомогою дискретного перетворення Фур'є; 3) обчислити квадрати модулів отриманих у п.2 спектральних складових у заданих частотних смугах (тобто СЩЕ у цих смугах); 4) порівняти отримані результати з такими ж числовими оцінками для ЕКГ сигналу при відсутності патології та зробити висновки з цього порівняння про відсутність.

Результати, отримані у п. 2 цього алгоритму і називатимемо числовими оцінками спектральної характеристики ЕКГ сигналу.

Отримані значення СЩЕ ЕКГ сигналу для норми та кількох типових захворювань (гострої серцевої недостатності (ГСН) та аритмії) для одного періоду їх повторення наведено на рис. 1–3 відповідно.

Для отримання значень частотних смуг спектрального аналізу було проаналізовано випадки цих та інших ЕКГ сигналів (брались з бази [5]) для двох, трьох, десяти і кількох десятків періодів дискретизації.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що істотної зміни спектральна щільність енергії зазнає як в цілому у смузі частот 0–40 Гц, так і в смугах частот 0–3, 3–4, 4–15, 15–40 Гц. Внесок смуги частот 40–50 Гц не був істотним, тому у подальшому ця смуга для аналізу до уваги на бралась.

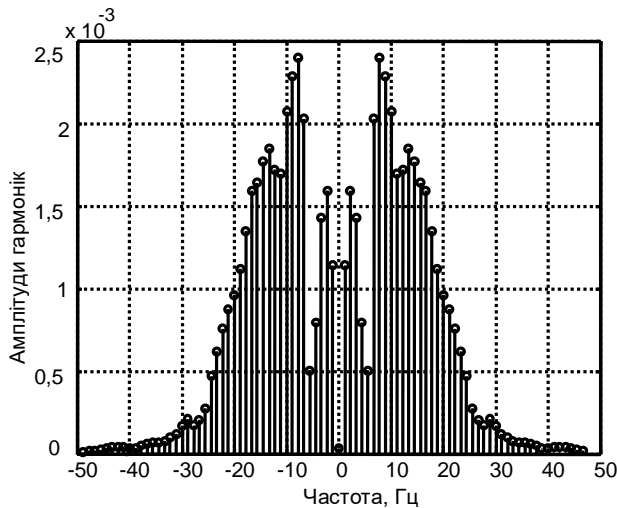


Рисунок 1. Спектральна щільність енергії ЕКГ сигналу в нормі

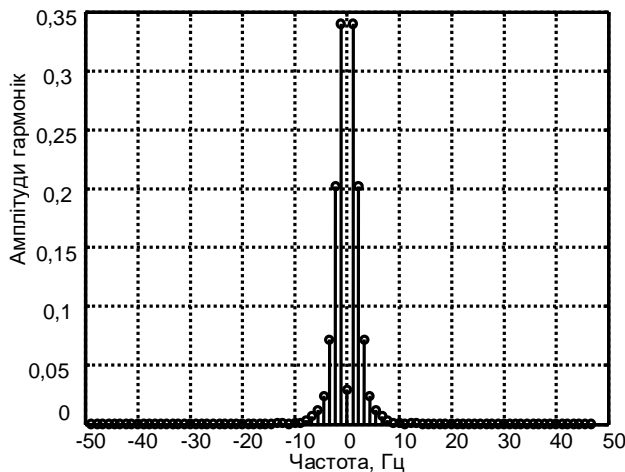


Рисунок 2. Спектральна щільність енергії ЕКГ сигналу при гострій серцевій недостатності

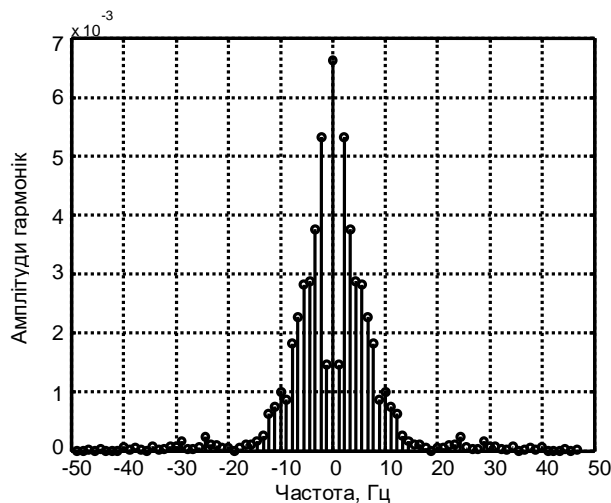


Рисунок 3. Спектральна щільність енергії ЕКГ сигналу при аритмії

Цікаво також те, що цей результат добре корелюється, якщо зробити відповідне масштабування, з частотними смугами ULF (0,003 Гц), VLF (0,0033–0,04 Гц), LF (0,04–0,15 Гц), HF (0,15–0,4 Гц) та TP (< 0,4 Гц) [3, 4], які аналізуються при оцінці варіабельності серцевого ритму.

Для кількісної оцінки зміни СЩЕ у цих частотних смугах було обчислено відносну різницю її зміни, використовуючи загальновідому формулу відносної похибки. При цьому за істинне значення приймалось значення СЩЕ ЕКГ сигналу у нормі. Результати таких обчислень для гострої серцевої недостатності та аритмії наведено у табл. 1.

З наведених результатів, по-перше, добре помітно, що доцільно аналізувати СЩЕ не тільки у всій смузі 0–40 Гц, але й у вузьких частотних смугах (пари «норма–гостра серцева недостатність» і «норма–аритмія»). По-друге, знак відносної різниці у вузьких частотних смугах може бути різний.

Отже, запропонований метод вимірювання числових оцінок спектральної характеристики ЕКГ сигналу добре виявляє патологію. Відмінність пропонованого методу полягає у тому, що: 1)

спектральна щільність енергії ділиться на кількість точок у вибірці, 2) межі частотних відрізків, для яких обчислюватиметься СЩЕ інші, ніж при оцінці варіабельності серцевого ритму.

Перша відмінність дозволяє отримати числовий результат, який не залежить від кількості періодів у вибірці ЕКГ сигналу. Друга відмінність обумовлена тим, що змін СЩЕ ЕКГ сигналу у смузі 0–0,4 Гц (яка аналізується при оцінці варіабельності серцевого ритму) не має.

Таблиця 1

Смуга частот, Гц	Спектральна щільність енергії, мс ² (відносна різниця, %)		
	в нормі	ГСН	аритмія
0–3	0,0028	0,5716 (+20314)	0,0134 (+378)
3–4	0,0014	0,0720 (+5043)	0,0038 (+171)
4–15	0,0171	0,0524 (+206)	0,0135 (–21)
15–40	0,0110	0,0017 (–84)	0,0016 (+85)
0–40	0,0323	0,6977 (+2060)	0,0323 (0)

Перелік посилань

1. Біомедичні сигнали та їх обробка / [Абакумов В. Г., Геранін В. О., Рибін О. І. та ін.] — Київ: БЕК+, 1997. — 352 с.
2. Мурашко В. В., Струтынский А. В. Электрокардиография — М.: Медицина, 1998. — 312 с.
3. Анализ вариабельности ритма сердца [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.plaintest.com/cardiology/variability> — Назва з екрана.
4. Геометрические методы анализа ВРС и спектральный анализ [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.plaintest.com/cardiology/spectral> — Назва з екрана.
5. PhysioBank ATM [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://physionet.org/cgi-bin/atm/ATM> — Назва з екрана.

Анотація

Запропоновано метод вимірювання числових оцінок спектральної характеристики ЕКГ сигналу, який досить добре виявляє патологію.

Ключові слова: ЕКГ сигнал, спектральна щільність енергії, смуга частот.

Аннотация

Предложен метод измерения численных оценок спектральной характеристики ЭКГ сигнала, который достаточно хорошо обнаруживает патологию.

Ключевые слова: ЭКГ сигнал, спектральная плотность энергии, полоса частот.

Abstract

The measurement method for quantity estimate of energy spectrum density of ECG signal is proposed. This method shows good of pathology.

Keywords: ECG signal, energy spectrum density, frequency band.